Année universitaire 2019-2020

Filières SMI-S4
TD Electromagnétisme dans le vide, série n°3

Prof L. ELMAIMOUNI

Questions de Cours

1. Répondre à ces questions par OUI au NON en justifiant en quelques lignes votre réponse.

1.a) La circulation du champ magnétique $\vec{B}$ créé par un fil rectiligne infini de courant le long d'un contour C enlaçant le fil dépend du sens du courant.

1.b) La circulation du champ magnétique $\vec{B}$ créé par une distribution (*D*) de courants permanents, le long d'un contour C, est égal au produit de μ_0 par l'intensité intérieure traversant toute surface S s'appuyant sur C, $\forall$ S.

1.c) Dans une région éloignée de toute distribution de courants (*D*), la circulation du champ magnétique est conservative.

1.d) Dans une région éloignée de toute distribution de courants (*D*), si les lignes de champ magnétique sont des droites parallèles, alors le champ $\vec{B}$ est uniforme.

2. Définir la Loi de Biot et Savart locale et intégrale

3. Définir le théorème d'ampère.

4. Définir Théorème de Boucherot.

Exercice 1

Un câble coaxial est modélisé selon un cylindre infini plein de rayon R_1 parcouru par un courant d'intensité +I et deux cylindres infinis coaxiaux de rayons R_2 et R_3 tels que l'espace $R_2 < r < R_3$ délimite un conducteur parcouru par un courant d'intensité –I.

1. Déterminer le champ magnétique en tout point de l'espace.
2. Tracer l'allure du champ magnétique $\vec{B}(r)$ pour les différents cas.

On donne : $R_1 = 30mm$, $R_2 = 50mm$, $R_3 = 70mm$, $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} H/m$ et $I = 2A$

Exercice 3

a) Retrouver le champ magnétique créé par un segment de courant A_1A_2, parcouru par un courant continu I, en un point M distant de r de la droite portant le segment de courant (sa projection appartient à A_1A_2).

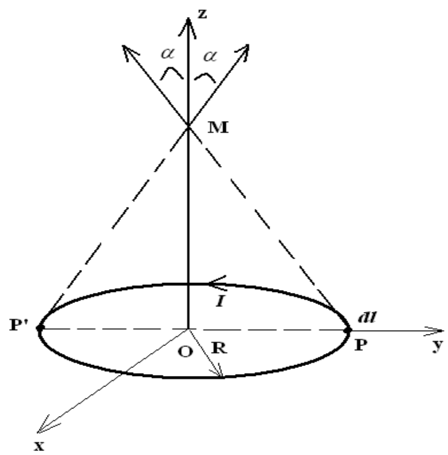
b) Que devient l'expression si r tend vers zéro.

Exercice 4

Une lame mince d'épaisseur constante, découpé dans un matériau magnétique Linéaire Homogène Isotrope (LHI) de susceptibilité magnétique χ_m, est placée dans une région où règne un champ magnétique $\vec{B}_0$ uniforme et perpendiculaire aux faces de la lame.

Déterminer le vecteur aimantation $\vec{M}$ en fonction de l'excitation magnétique extérieur $\vec{H}_0$.

Exercice 5



Considérons une spire plane, circulaire, de rayon R, parcourue par un courant I.

1. Montrer que le champ magnétique $\vec{B}$ crée par une spire de courant de rayon r en un point M de son axe peut s'écrire sous la forme :

$$\vec{B}(M) = \frac{\mu_0}{2R}\sin^3\alpha \;\; \vec{e}_z$$

2. Montrer que : $\vec{B}(M) = \vec{B}(0)\left[1+\left(\frac{z}{R}\right)^2\right]^{-\frac{3}{2}}$

3..Tracer l'allure de $\vec{B}$ en fonction de z/R.

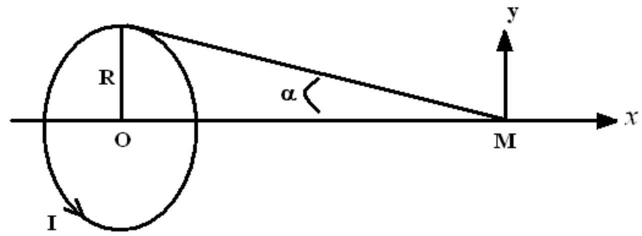
4. On enroule sur une sphère (O,R) un fil de faible diamètre (e<<R) de manière à constituer un ensemble de spires circulaires jointives d'axes Oz. Ce fil est parcouru par un courant d'intensité I.

Calculer le champ magnétique crée au centre de la sphère.

Exercice 6:

A) Champ magnétique créé par une bobine plate.

Soit une spire circulaire de rayon R, de centre O, parcourue par un courant d'intensité I. Soit un point M situé sur l'axe de la spire et tel que, du point M, un rayon de la spire soit vu sous l'angle α.



1) En utilisant les propriétés de symétrie, trouver la direction et le sens du champ magnétique créé par cette spire au point M. Reproduire le schéma précédent et représenter le sens et la direction du champ magnétique créé en M.
2) En utilisant la loi de Biot et Savart, montrer que le champ magnétique créé au point M est donné par l'expression :

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2R} \sin^3 \alpha \, \vec{e}_x$$

où $\vec{e}_x$ est le vecteur unitaire de l'axe Ox.

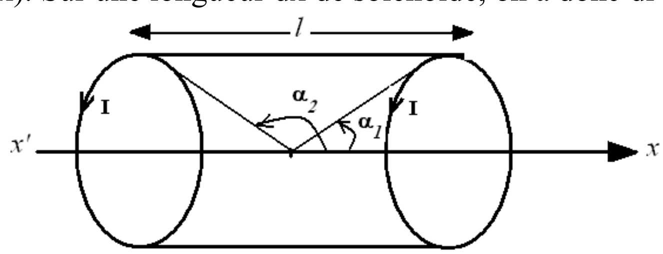
3) Etablir l'expression de $\vec{B}$ au point M en fonction de B_0, R et x, x représentant la distance entre le point O et le point M. On notera :

$$B_0 = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

B) Champ créé par un solénoïde.

Considérons un solénoïde constitué par un enroulement régulier de fil conducteur sur un cylindre d'axe (x'x). L'enroulement constitue des spires jointives de rayon R. Les N tours de fil, de même rayon R, occupent une longueur totale *l*. Soit n, le nombre de tours de fil par unité de longueur (n=N/*l*). Les spires de ce solénoïde sont parcourues par un courant d'intensité I.

Ce solénoïde peut être considéré comme une distribution de spires circulaires de rayon R et de même axe (x'x). Sur une longueur dx de solénoïde, on a donc dN = ndx



1) Soit un point M situé à l'intérieur du solénoïde et sur son axe. Donner l'expression du champ magnétique créé par le solénoïde au point M en fonction de l'intensité I, de μ_0, du nombre n de spires Par unité de longueur et des angles α_1 et α_2 sous lesquels les spires des extrémités sont vues du point M.
   Que devient cette expression si l'on considère que le solénoïde est infiniment long ?
2) Champ magnétique hors de l'axe
   a) En utilisant les propriétés de symétrie, déterminer la direction du champ magnétique créé en tout point de l'intérieur de ce solénoïde infiniment long.
   b) En appliquant le théorème d'Ampère, montre que le champ magnétique est uniforme à l'intérieur du solénoïde et qu'il est nul à l'extérieur de solénoïde. On précisera clairement le contour utilisé pour appliquer le théorème d'Ampère.